

PATENTS

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re application of

Takahiro HATTORI

Serial No. (unknown)

Filed herewith

SWITCH DEVICE AND OVERCURRENT
CONTROLLING METHOD

4 / Priority
Doc.
E. V. Sillio
10-18-01



CLAIM FOR FOREIGN PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119
AND SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Commissioner of Patents

Washington, D.C. 20231

Sir:

Attached hereto is a certified copy of applicant's corresponding patent application filed in Japan on August 4, 2000, under No. 2000-236659.

Applicant herewith claims the benefit of the priority filing date of the above-identified application for the above-entitled U.S. application under the provisions of 35 U.S.C. 119.

Respectfully submitted,

YOUNG & THOMPSON

By

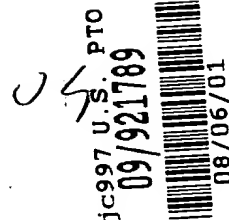
Benoit Castel

Benoit Castel
Attorney for Applicant
Registration No. 35,041
745 South 23rd Street
Arlington, VA 22202
Telephone: 703/521-2297

August 6, 2001

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 8月 4日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-236659

出 願 人

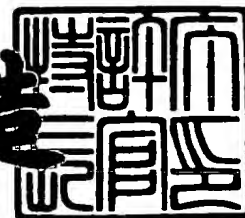
Applicant (s):

日本電気株式会社

2001年 2月16日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3008905

【書類名】 特許願

【整理番号】 71310237

【提出日】 平成12年 8月 4日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H02H 9/02
H02H 3/08
H02H 3/087

【発明者】

【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

【氏名】 服部 敬宙

【特許出願人】

【識別番号】 000004237

【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

【識別番号】 100080816

【弁理士】

【氏名又は名称】 加藤 朝道

【電話番号】 045-476-1131

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 030362

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9304371

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 インラッシュ電流対応ハイサイドスイッチ及び過電流制御方法

【特許請求の範囲】

【請求項1】

入力と出力の間に挿入されるスイッチに流れる電流の過電流検出機能を備えたハイサイドスイッチにおいて、

前記スイッチをオンするにあたり、前記スイッチの制御端子に印加する信号を制御して、前記スイッチのオン抵抗を一旦高抵抗とした後徐々に低くなるように制御する手段を備え、デバイス接続時などのインラッシュ電流による過電流検出に対して、前記スイッチをオフ状態に保持しないようにした、ことを特徴とするハイサイドスイッチ。

【請求項2】

前記スイッチのオン抵抗を徐々に低くなるように制御する期間に、過電流を検出した場合、前記スイッチをオフするように制御する手段を備えたことを特徴とする請求項1記載のハイサイドスイッチ。

【請求項3】

入力と出力間に接続されたMOSFETよりなるスイッチと、

前記スイッチに流れる電流を検出し該電流が予め定められた規定の電流値を超えたときに過電流状態を検出する過電流検出回路と、

外部入力され前記スイッチのオフを指示する制御信号と、前記過電流検出回路から出力される過電流検出信号とに基づき、前記スイッチのMOSFETのゲート端子に供給する電圧を制御して前記スイッチのオン及びオフを制御するゲート制御回路と、

を備え、

前記ゲート制御回路は、前記スイッチをオフからオンさせるにあたり、前記スイッチのオン抵抗を高抵抗とした後に徐々に低くなるように、前記MOSFETのゲート端子に供給する電圧レベルを徐々に可変させる手段を備えている、ことを特徴とするスイッチ装置。

【請求項4】

前記ゲート制御回路は、前記MOSFETのゲート端子に供給する電圧レベルを徐々に可変させる動作（「スロースタート動作」という）の間、アクティブ状態とされるスロースタート信号を出力し、

前記過電流検出回路は、前記ゲート制御回路から出力される前記スロースタート信号を入力とし、前記スロースタート信号がアクティブ状態のときに、過電流を検出すると、過電流を検出した旨を外部に通知するフラグをオンに設定し、前記スロースタート信号がインアクティブ状態のときに、過電流を検出した場合には、前記フラグをオンとせず、前記過電流検出信号をアクティブ状態として前記ゲート制御回路に、過電流を検出した旨を通知し、

前記過電流検出回路からアクティブ状態の前記過電流検出信号を受けた前記ゲート制御回路は、前記スイッチの前記MOSFETをオフ状態とした後、再び前記スロースタート動作を行う、ことを特徴とする請求項3記載のスイッチ装置。

【請求項5】

入力と出力間に接続されMOSFETよりなるスイッチと、

前記スイッチの前記MOSFETのゲート端子に出力が接続されているデジタルアナログ変換器と、

前記スイッチに流れる電流を検出し該電流が予め定められた規定の電流値を超えたときに過電流状態を検出する過電流検出回路と、

外部入力され、前記スイッチの前記MOSFETのオフを指示する制御信号と、前記過電流検出回路から出力される過電流検出信号とを入力し、前記デジタルアナログ変換器の入力端へ入力されるデジタル信号を供給し前記MOSFETのゲート電圧を制御することで、前記スイッチのオン及びオフを制御するゲート制御回路と、

を備え、

前記ゲート制御回路は、前記スイッチをオフ状態からオン状態とする際に、前記デジタルアナログ変換器から前記スイッチのMOSFETのゲート端子に供給する電圧を徐々に可変させることで、前記スイッチのオン抵抗を一旦高抵抗とした後に徐々に低くするスロースタート動作を行い、前記スロースタート動作時に、スロースタート信号をアクティブ状態として出力する手段を備え、

前記過電流検出回路は、前記ゲート制御回路から前記スロースタート信号を入力し、前記スロースタート信号がアクティブ状態のときに、過電流状態を検出すると、過電流を検出した旨を外部に通知するフラグをオンとし、前記スロースタート信号がインアクティブ状態のときに、過電流状態を検出した場合には、前記フラグをオンとはせずに、前記過電流検出信号をアクティブ状態として前記ゲート制御回路に過電流を検出した旨を通知し、

前記過電流検出回路からアクティブ状態の前記過電流検出信号を受けた前記ゲート制御回路は、前記スイッチのMOSFETのゲート電圧を制御してオフ状態とした後再び前記スロースタート動作を行う、ことを特徴とするスイッチ装置。

【請求項6】

オンとされた前記フラグによって過電流検出の通知を受けた外部コントローラから、前記スイッチのオフを指示する前記制御信号が出力され、

前記制御信号を受け取った前記ゲート制御回路は、前記制御信号に基づき、前記スイッチをオフ状態とする、ことを特徴とする請求項3乃至5のいずれか一に記載のスイッチ装置。

【請求項7】

前記出力に接続される負荷と並列に平滑用コンデンサを備えたことを特徴とする請求項3乃至6のいずれか一に記載のスイッチ装置。

【請求項8】

前記スイッチを構成するMOSFETがPチャネルMOSFETよりなる、請求項3乃至7のいずれか一に記載のスイッチ装置。

【請求項9】

前記ゲート制御回路は、前記スロースタート動作時、前記デジタルアナログ変換器の出力電圧を、前記入力 of 電圧レベルから徐々に0Vに変化させる、ことを特徴とする請求項8に記載のスイッチ装置。

【請求項10】

入力と出力間に接続され、MOSFETよりなるスイッチと、

前記スイッチの前記MOSFETのゲート端子に出力が接続されているデジタルアナログ変換器と、

前記スイッチに流れる電流が予め定められた規定の電流値を超えたときに過電流を検出する過電流検出回路と、

外部コントローラから入力される制御信号と、前記過電流検出回路から出力される過電流検出信号を入力し、前記デジタルアナログ変換器へ供給するデジタル信号を供給し前記スイッチのオン及びオフを制御するゲート制御回路と、

を備えたスイッチ装置の過電流制限方法であって、

前記ゲート制御回路が、前記スイッチをオフ状態からオン状態とする際に、前記デジタルアナログ変換器から前記スイッチのMOSFETのゲート端子に供給する電圧を徐々に可変させることで、前記スイッチのオン抵抗を徐々に小さくするスロースタート動作を行い、その際、スロースタート信号をアクティブ状態として出力するステップと、

前記過電流検出回路において、前記ゲート制御回路から出力される前記スロースタート信号がアクティブ状態のときに、過電流状態を検出すると、過電流を検出した旨を外部に通知するフラグをオンとするステップと、

一方、前記過電流検出回路において、前記ゲート制御回路から出力される前記スロースタート信号がインアクティブ状態のときに、過電流状態を検出した場合には、前記フラグをオンとはせずに、前記過電流検出信号をアクティブ状態として前記ゲート制御回路に過電流を検出した旨を通知するステップと、

前記過電流検出回路からアクティブ状態の前記過電流検出信号を受けた前記ゲート制御回路は、前記スイッチをオフ状態として再び前記スロースタート動作を行うステップと、

前記フラグがオンとされた場合に、オン状態とされた前記フラグを受け取った前記外部コントローラからの前記制御信号を入力した前記ゲート制御回路が、前記制御信号に基づき、前記スイッチをオフ状態とするステップと、

を含む、ことを特徴とする過電流制御方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、過電流検出機能を備えたスイッチに関し、特に、インラッシュ電流

対応のスイッチに適用して好適とされるスイッチ装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

図7を参照して、過電流検出機能を持つスイッチの構成の一例について説明する。入力5と出力6間に接続されたスイッチ1に低オン抵抗のPチャネルMOSFETを使用し（PチャネルMOSFETのソースが入力5に接続されドレインが出力6に接続されている）、スイッチ1のゲート電圧を供給してスイッチ1をオン、オフ制御するゲート制御回路2Aと、出力6の電流、したがってスイッチ1に流れる電流が予め定められた電流値（過電流検出値）を超えたとき、過電流検出信号10をアクティブ状態とし、過電流検出結果を、ゲート制御回路2Aに通知する過電流検出回路3Aと、を備えている。なお、図7に示した回路構成は、例えばICとして集積化される。

【0003】

ゲート制御回路2Aにおいて、スイッチ1のオン時には、スイッチ1のゲート電圧を0Vとし、オフ時には、スイッチ1のゲート電圧を入力5の電圧レベルに設定することで、スイッチのオン、オフの制御が行われ、スイッチ1は、オン状態になると（スイッチ1のオン抵抗は小とする）、出力6には、ほぼ入力5と同一レベルの電圧が出力される。

【0004】

過電流検出回路3Aは、過電流検出時には、フラグ8を、HighレベルからLowレベルへ変化させて、外部に通知し、このフラグ8のオン状態への変化を受けたコントローラ（不図示）は、スイッチ1のオフを指示する制御信号7を出力する。コントローラから出力される制御信号7（スイッチ1のオフを指示）を受けたゲート制御回路2Aは、スイッチ1のゲートの電圧が入力5と同レベルになるように設定して、スイッチ1をオフさせる。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

上記した構成において、出力電流が過電流検出値を超えた場合に、過電流検出回路3Aからフラグ8がオンにセットされ、ゲート制御回路2Aが、スイッチ1

をオフ状態としている。

【0006】

また、スイッチ1をオン状態に復帰するには、コントローラからの制御信号7（スイッチ1のオンを指示する制御信号）がゲート制御回路2Aに入力されない限り、スイッチ1はオフ状態とされ、出力5に、電圧は現れない。

【0007】

したがって、過電流検出値を超えるインラッシュ電流が流れるようなUSB（Universal Serial Bus）デバイスの場合、図7に示した従来の構成では、USBデバイスの接続時に、インラッシュ電流によって過電流が検出され、スイッチ1がオフ状態となるため、USBデバイスを使用することができない。この問題について、さらに詳細に説明する。

【0008】

USBデバイスを接続する際には、必ず、インラッシュ電流が流れる。このインラッシュ電流を抑えるために、通常、インダクタンスなどをスイッチ1と出力5の間に接続することで、電流波形をなまらせているが、実際には、インダクタンスなどを設けるだけでは、対応しきれないUSBデバイスも存在している。

【0009】

さらに、従来の構成では、ハイサイドスイッチの過電流検出値を超える電流が流れるUSBデバイスを接続すると、ハイサイドスイッチは、過電流が、インラッシュ電流によって発生したのか、あるいは、異常接続により発生したのかの判定ができず、このため、インラッシュ電流によってもスイッチをオフ状態にしてしまい、USBデバイスの使用が不可となってしまう。

【0010】

なお、図7に示した従来の構成において、過電流検出中は、電流制限を行うことができず、出力に重い負荷が接続された場合、IC内部の電力消費により最悪の場合、チップが破壊し、出力ショートもしくはオープン状態になる等の問題点を解消するため、特開2000-13991号公報において、本願発明者は、過電流制限機能をもつハイサイドスイッチにおいて、オン抵抗の異なる二つのMOSFETでスイッチを構成し、通常動作時に、第1のスイッチの低オン抵抗のM

ＭＯＳＦＥＴをオンし、過電流検出手段が第１のスイッチに流れる過電流値を検出する段階と、規定の電流値を検出したときに、電流制限制御手段に信号を送る段階と、第１のスイッチのゲート電圧を徐々に変化させオン抵抗を高くし、設定した電流値になるまでゲート電圧を変化させる段階と、電流が設定値になったとき高オン抵抗のＭＯＳＦＥＴよりなる第２のスイッチをオンする段階を含む構成を提案している。この構成は、過電流検出時、ＭＯＳＦＥＴをオン抵抗を徐々に高くしていき、あらかじめ定められた設定抵抗値（第２のスイッチ）で電流制限動作を行うものである。

【 0 0 1 1 】

したがって、本発明は、上記問題点に鑑みてなされたものであって、その目的は、デバイス接続時に、過電流検出値を超えるインラッシュ電流が流れるようなデバイスに対応可能なスイッチ装置を提供することにある。

【 0 0 1 2 】

また本発明の他の目的は、インラッシュ電流による過電流であるのか異常接続により過電流が発生したのかを判定して、スイッチをオン・オフ制御可能とする、スイッチ装置を提供することにある。

【 0 0 1 3 】

【課題を解決するための手段】

前記目的を達成する本発明は、過電流検出時、入力と出力の間のスイッチをオフするハイサイドスイッチにおいて、インラッシュ電流が流れた際に、前記スイッチの制御端子に印加する信号を制御して、前記スイッチのオン抵抗を一旦高抵抗とした後、徐々に小さくしていく動作を行わせる手段を備えている。

【 0 0 1 4 】

本発明は、入力と出力間に接続されＭＯＳＦＥＴよりなるスイッチと、前記スイッチに流れる電流が予め定められた規定の電流値を超えたときに過電流を検出する過電流検出回路と、外部から入力され制御信号と、前記過電流検出回路から出力される過電流検出信号とを入力し、前記スイッチの前記ＭＯＳＦＥＴのゲート端子に供給するゲート電圧を制御して前記スイッチのオン及びオフを制御するゲート制御回路と、を備え、前記ゲート制御回路は、前記スイッチをオフ状態か

らオン状態とする際に、前記MOSFETのゲート端子に供給する電圧を徐々に可変させて前記スイッチのオン抵抗を徐々に小さくするスロースタート動作を行う手段を備えている。

【0015】

本発明において、前記ゲート制御回路は、前記スロースタート動作時にスロースタート信号をアクティブ状態として出力し、前記過電流検出回路は、前記ゲート制御回路から前記スロースタート信号を入力し、前記スロースタート信号がアクティブ状態のときに、過電流状態を検出すると、過電流を検出した旨を外部に通知するフラグをオンとし、前記スロースタート信号がインアクティブ状態のときに、過電流状態を検出した場合には、前記過電流検出信号をアクティブ状態とし、前記過電流検出回路から前記過電流検出信号を受けた前記ゲート制御回路は、前記スイッチをオフ状態として、再び、前記スロースタート動作を行う。

【0016】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の形態について説明する。本発明は、その好ましい一実施の形態において、図1を参照すると、スイッチ1に流れる電流値を検出し、予め定められた所定の規定値（しきい値）を超えた場合に、フラグ8をオンに設定する過電流検出回路3と、入力される制御信号7の値に基づき、スイッチ1をオフとするゲート制御部2と、を備えている。かかる構成の本発明は、USB用電源ラインのハイサイドスイッチの用途に使用可能な構成を提供している。

【0017】

より詳細には、入力と出力間に接続されMOSFETよりなるスイッチ1と、スイッチ1に流れる電流が予め定められた規定電流値（しきい値）を超えたときに過電流を検出する過電流検出回路3と、外部（コントローラ）から入力されスイッチ1のオフを指示する制御信号7と、過電流検出回路3から出力される過電流検出信号10とを入力し、スイッチ1のMOSFETのゲート端子に供給するゲート電圧を制御してスイッチ1のオン及びオフを制御するゲート制御回路2と、を備え、ゲート制御回路2は、スイッチ1をオフ状態からオン状態とする際に、MOSFETのゲート端子に供給する電圧を徐々に可変させて前記スイッチの

オン抵抗を徐々に小さくするスロースタート動作を行う。

【 0 0 1 8 】

ゲート制御回路 2 は、スロースタート動作時に、スロースタート信号 9 をアクティブ状態として出力し、過電流検出回路 3 は、ゲート制御回路 2 からスロースタート信号 9 を入力し、スロースタート信号 9 がアクティブ状態のときに、過電流状態を検出すると、過電流を検出した旨を外部に通知するフラグ 8 をオンに設定してコントローラ（不図示）に通知し、スロースタート信号 9 がインアクティブ状態のときに、過電流状態を検出した場合には、フラグ 8 をオンとはせずに（コントローラには通知せずに）、過電流検出信号 1 0 をアクティブ状態として、ゲート制御回路 2 に、過電流を検出した旨を通知する。

【 0 0 1 9 】

過電流検出回路 3 から、アクティブ状態の過電流検出信号 1 0 を受けたゲート制御回路 2 は、スイッチ 1 をオフ状態としてスロースタート動作を行う。

【 0 0 2 0 】

ゲート制御回路 2 は、デジタルアナログ変換器 4 にデジタル信号を供給し、デジタルアナログ変換器 4 から出力されるアナログ電圧が、M O S F E T のゲート端子に供給される。

【 0 0 2 1 】

U S B 規格においては、電源ラインの電流供給上限値は、5 0 0 m A と規定されており、これを超える電流が流れた場合には、スイッチ 1 をオフにする必要がある。

【 0 0 2 2 】

ただし、スイッチ 1 は、下位の U S B デバイスへ瞬間的に流れるインラッシュ電流に対しては、過電流の検出を行ってはいらない。通常、この期間は、1 0 u s （マイクロ秒）程度とされている。しかしながら、実使用上では、1 0 u s 以上のインラッシュ電流を流すような U S B デバイスが存在するため、図 7 等にした構成の場合、1 0 u s 以上のインラッシュ電流に応答して、過電流の検出が行われ、スイッチ 1 がオフされてしまう。

【 0 0 2 3 】

本発明は、インラッシュ電流が流れても、ハイスайдスイッチが正常な動作を保証するような、再スロースタート機能を備え、USBデバイスに対応可能としている。

【0024】

ゲート制御回路2は、スイッチ1がオフからオンに切り替わる際には、スイッチ1のゲート電圧を、入力5の電圧からグラウンドレベル(0V)まで徐々に変化させることで、スロースタート動作を行わせ、スイッチ1のオン抵抗を制御している期間、過電流検出回路3に対して、アクティブ状態のスロースタート信号9を出力する。

【0025】

アクティブ状態のスロースタート信号9が出力されている期間(スロースタート期間)に、過電流検出回路3で過電流状態が検出されると、過電流検出回路3によってフラグ8がオン(アクティブ状態)に設定され、スロースタート期間以外のときに、過電流検出回路3で過電流状態が検出された場合には、過電流検出信号10がアクティブ状態として出力され、アクティブ状態の過電流検出信号10を受けたゲート制御回路2では、スイッチ1のオン状態からオン状態への制御にあたり、再度、スロースタート動作を行う(「再スロースタート」ともいう)。

【0026】

本発明に係る方法は、その好ましい一実施の形態において、以下のステップを含む。

【0027】

ステップ1:ゲート制御回路2が、スイッチ1をオフ状態からオン状態とする際に、デジタルアナログ変換器4から前記スイッチのMOSFETのゲート端子に供給する電圧を徐々に可変させて前記スイッチのオン抵抗を徐々に小さくするスロースタート動作を行い、その際、スロースタート信号9をアクティブ状態として出力する。

【0028】

ステップ2:過電流検出回路3において、ゲート制御回路2から出力されるス

ロースタート信号 9 がアクティブ状態のときに、過電流状態を検出すると、過電流を検出した旨を外部に通知するフラグ 8 をオンとする。

【 0 0 2 9 】

ステップ 3 : 過電流検出回路 3 において、ゲート制御回路 2 から出力される前記スロースタート信号 9 がインアクティブ状態のときに、過電流状態を検出した場合には、過電流状態を検出した場合には、フラグ 8 をオンとはせずに、前記過電流検出信号 1 0 をアクティブ状態としてゲート制御回路 9 に過電流を検出した旨を通知する。

【 0 0 3 0 】

ステップ 4 : 過電流検出回路 3 からアクティブ状態の過電流検出信号 1 0 を受けたゲート制御回路 2 は、スイッチ 1 をオフ状態として再び前記スロースタート動作を行う。

【 0 0 3 1 】

ステップ 5 : フラグ 8 がオンとされた場合には、オン状態とされたフラグに基づき、コントローラが、スイッチ 1 のオフを指示する制御信号 7 を、ゲート制御回路 2 に対して供給する。

【 0 0 3 2 】

【実施例】

上記した本発明の実施の形態についてさらに詳細に説明すべく、本発明の実施例について図面を参照して以下に説明する。図 1 は、本発明の一実施例の構成を示す図である。

【 0 0 3 3 】

図 1 を参照すると、入力 5 にソースが接続され、ドレインが出力 6 に接続された P チャネル MOS FET よりなるスイッチ 1 と、スイッチ 1 の MOS FET のゲート端子に出力（図 1 における DA 出力）が接続されているデジタルアナログ（D/A）変換器 4 と、スイッチ 1 に流れる電流（出力電流）を検知し、該電流が予め定められた規定の電流値を超えたときに過電流状態を検出する過電流検出回路 3 と、不図示のコントローラから入力される制御信号 7 と、過電流検出回路 3 から出力される過電流検出信号 1 0 とを入力し、D/A 変換器 4 へ入力するデジ

タル信号を供給しスイッチ 1 の MOS F E T のゲート電圧を可変させて、スイッチ 1 のオン及びオフを制御するゲート制御回路 2 と、を備えている。なお、D / A 変換器は、ゲート制御回路 2 内部に備えた構成としてもよい。また、D / A 変換器の出力をバッファ回路（ボルテージフォロワ等）を介して MOS F E T のゲート端子に供給する構成としてもよい。

【 0 0 3 4 】

ゲート制御回路 2 は、スイッチ 1 をオフ状態からオン状態とする際に、D / A 変換器 4 を介してスイッチ 1 の MOS F E T のゲート端子に供給する電圧を徐々に可変させて、スイッチ 1 のオン抵抗を一旦高抵抗とした後、徐々に小さくする制御を行い（この動作を、後述するように「スロースタート動作」という）、スロースタート動作時に、スロースタート信号 9 をアクティブ状態として出力する。

【 0 0 3 5 】

過電流検出回路 3 は、スイッチ 1 の P チャネル MOS T F E T のドレイン側に接続され、出力 6 に流れる電流値を、予め定められた規定値と比較し、該規定値を超える電流値の出力電流が流れた際に、過電流状態を検出する。そして、過電流検出回路 3 は、過電流状態を検出すると、ゲート制御回路 2 から過電流検出回路 3 に入力されるスロースタート信号 9 の論理値に応じて、フラグ 8 と、過電流検出信号 1 0 を出力する。

【 0 0 3 6 】

すなわち、過電流検出回路 3 は、ゲート制御回路 2 からスロースタート信号 9 を入力し、スロースタート信号 9 がアクティブ状態のときに、過電流状態を検出すると、過電流を検出した旨を外部に通知するフラグ 8 をオンとする。

【 0 0 3 7 】

一方、スロースタート信号 9 がインアクティブ状態のときに、過電流検出回路 3 が過電流状態を検出した場合には、過電流検出回路 3 は、過電流検出信号 1 0 をアクティブ状態とし、ゲート制御部 2 に、過電流を検出した旨を通知する。

【 0 0 3 8 】

ゲート制御回路 2 に入力される制御信号 7 の値は、外部からの信号によるため

、Highアクティブ（Highレベルのときオン状態）でも、Lowアクティブ（Lowレベルのときオン状態）のいずれであってもよいが、以下では、ゲート制御回路2に入力される制御信号7は、Lowレベルのときオフ状態となり、Highのときオン状態であるものとする。

【0039】

ゲート制御回路2は、スイッチ1がオフからオンに切り替わる際に、以下のよう動作をするD/A変換器4を制御する。

【0040】

D/A変換器4の出力は、スイッチ1の状態がオフまたはオンに切り替わる際に、スイッチ1のゲート電圧を供給しており、スイッチ1のオフ状態では、D/A変換器4からは、入力5と同じ電圧レベルが出力され、オン状態では、グランドレベル（0V）が出力される。

【0041】

スイッチ1が、オフからオンに切り替わる際には、D/A変換器4の出力は、入力5の電圧レベルからグランドレベルまで徐々に変化するように、ゲート制御回路2が、D/A変換器4の入力端に供給するデジタル信号を制御する。これを「スロースタート動作」と呼ぶ。

【0042】

D/A変換器4が、4ビット入力のD/Aよりなり、0V（入力コード=0）から入力5電圧（入力コード=15）までのレンジの電圧を出力する場合、所定のタイミング毎に、例えば15（"1111"）、14（"1110"）、13（"1101"）、…、2（"0010"）、1（"0001"）、0（"0000"）と、D/A変換器4の入力デジタル信号の値を、順に可変させていく。ゲート電圧が入力5の電圧レベル（スイッチ1はオフ）からグランドレベルまで徐々に変化させた場合、MOSFETのオン抵抗は、除去に低くなる。ちなみに、スイッチ1のPチャネルMOSFETのオン抵抗 r_{ON} は、ゲート電圧（VG）が入力5の電圧からしきい値電圧 V_{TH} よりも下がった時点から、 $|VG - V_{TH}|$ の大きさに逆比例して小さくなる。

【0043】

一方、スイッチ1がオン状態からオフ状態に切り替わる際に、D/A変換器4

の出力はグランド電位（0 V）から入力5の電圧レベルに瞬時に変化する。すなわち、上記4ビットD/Aの場合、0（"0000"）であったD/A変換器4の入力は、15（"1111"）に設定される。

【0044】

ゲート制御回路2は、スイッチ1のオン抵抗（MOSFETのオン抵抗）を制御している期間、過電流検出回路3に対して、スロースタート信号9を出力する。

【0045】

スロースタート信号9が出力されている期間（スロースタート期間）に、過電流検出回路3で過電流状態であることが検出されると、過電流検出回路3からフラグ8がオンとされる。

【0046】

一方、スロースタート期間以外のときに、過電流検出回路3で過電流状態が検出された場合には、過電流検出回路3から過電流検出信号10が出力され、この過電流検出信号10を受けたゲート制御回路2は、スロースタート動作を行う。

【0047】

図2は、本発明における動作シーケンスを示す図である。図1及び図2を参照して、本発明の一実施例の動作シーケンスを説明する。

【0048】

入力5の電圧（ V_{IN} ）がオンとなり、制御信号7がオン状態の場合（ステップ200、201）、スイッチ1はオン状態とされて、過電流検出回路3で過電流の検出が行われ、過電流検出時（ステップ202）、ゲート制御回路2は、スイッチ1をオフ状態からオン状態とする際に、D/A変換器4からスイッチのMOSFETのゲート端子に供給する電圧を入力5の電圧から徐々に下げてスイッチ1のMOSFETのオン抵抗を徐々に小さくするスロースタート（再スロースタート）動作を行い、その際、スロースタート信号をアクティブ状態として出力する（ステップ203）。

【0049】

スロースタート動作期間中（スロースタート完了前）に、過電流検出回路3で

過電流状態を検出すると（ステップ204）、過電流を検出した旨を外部に通知するフラグ8をオン（Lowレベル）とし、外部（不図示のコントローラ）に通知する。

【0050】

そして、不図示のコントローラは、制御信号7をオフ状態に設定し、ゲート制御回路2は、オフ状態の制御信号7を受けて、D/A変換器4の出力を入力5の電圧レベルに切り替え、スイッチ1をオフする（ステップ205）。

【0051】

USBデバイスには、必ず入力容量が存在しており、USBデバイスの接続時には、その入力容量を電源側から充電するために、急激にインラッシュ電流が流れる。USBシステムを考えたとき、電源管理で一番問題となる点は、USBデバイスの接続時のインラッシュ電流の対応である。

【0052】

USBデバイスが、USBポートに接続されたとき、多くの機器において瞬間的（およそ10 μ s）に、USBの規格値を大きく超える電流（約3A程度）が流れる。

【0053】

このため、USBシステムの電源管理においては、インラッシュ電流では動作し続けるが（すなわち電流制限を行うが、スイッチ1をオフ状態のままとしない）、ショートモードのような異常電流発生時には、スイッチ1が切断されるような構成をとる必要がある。

【0054】

本発明の一実施例は、インラッシュ電流に対して、過電流検出信号10を受け取ったゲート制御回路2がスロースタート動作を行うことで電流制限を行い、異常電流発生時には、フラグ8をオンとして出力することで、異常電流発生時には、スイッチ1をオフさせている。

【0055】

図3は、本発明の一実施例において、インラッシュ電流が流れた時の動作波形の一例を示す図である。図3において、入力5、出力6、フラグ、制御信号は、

電圧波形、出力電流 I_{out} は出力 6 の電流波形である。

【0056】

図 3 に示すとおり、本発明によれば、USB デバイス接続時においてインラッシュ電流が流れ出力電流 (I_{out}) が過電流検出値を超えた場合には、ゲート制御回路 2 によって、スイッチ 1 のオン抵抗を徐々に低くしていくスロースタート動作を行うことで、電流制限を行うことができる。この場合、フラグ 8 はオフ状態 (High レベル) のままとされ、不図示のコントローラへは、過電流の検出は通知されず、コントローラからゲート制御回路 2 に入力される制御信号 7 はオン (High レベル) とされる。

【0057】

また、図 4 に示すとおり、異常接続時等の大電流が流れた場合には、スロースタート (再スロースタート) 動作中に、過電流検出回路 3 が、過電流を検出することにより、フラグ 8 をオンとして、外部 (コントローラ) に通知する。フラグ 8 のオン状態を受けた不図示のコントローラは、制御信号 7 をオフ (Low レベル) としてゲート制御回路 2 に供給する。

【0058】

このように、本発明の一実施例においては、USB の電源回路によくみられるインダクタンスを接続することによって波形をなまらせるなどの外付け回路を必要とせず、USB の電源管理を行うことができる。

【0059】

USB デバイスの接続時のインラッシュ電流は、短期間 (およそ $10 \mu s$) のみ流れる。このとき、スイッチ 1 は、電源オン時と同様に、一旦オフ状態となり、再度スロースタート動作を行うことで、オフからオン状態へと遷移する。スイッチ 1 のオフからオン状態の遷移期間は、スイッチ 1 のオン抵抗が大きいため、インラッシュ電流による大電流が流れることはない。そして、スロースタート動作完了後は、正常にスイッチの動作が可能となる。

【0060】

図 5 は、本発明の第 2 の実施例の構成を示す図である。図 5 を参照すると、この実施例においては、図 1 に示した前記実施例の構成に加えて、出力 6 には、負

荷と並列に、平滑用コンデンサ 1 1 が接続されている。

【 0 0 6 1 】

図 6 は、本発明の第 2 の実施例において、インラッシュ電流発生時の出力波形を示す図である。インラッシュ電流によりスイッチ 1 が一旦オフになり、スロースタートが開始されたとしても、出力 6 に接続される大容量のコンデンサ 1 1 により、図 6 に示すように、出力 6 の電圧値は、平滑化される。このため、出力 6 に接続される U S B デバイスへ供給される電圧値に大きな変化はない。

【 0 0 6 2 】

出力 6 がグランドなどにショートしていた場合を想定すると、一度、再スロースタート動作を行うが、スロースタート期間中も電流を流し続けようとするため、スイッチ 1 のオン抵抗が、ある低いオン抵抗値まで達すると、過電流検出状態が発生する。

【 0 0 6 3 】

スロースタート信号 9 がアクティブ期間（スロースタート期間中）において、過電流状態が検出されるとフラグ 8 がオンとされ、スロースタート信号 9 がインアクティブ期間中に、過電流状態が検出されると、過電流検出信号 1 0 をアクティブとしてゲート制御回路 2 に過電流を通知し、ゲート制御回路 2 がスイッチ 1 を再スロースタート制御する構成としており、インラッシュ電流発生時と、出力ショートなどの異常時とを判定し、スイッチ 1 の制御動作を区別することができる。

【 0 0 6 4 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、入力と出力間のスイッチのオン抵抗を徐々に小さくしておく制御を行うスロースタート動作を設け、過電流検出信号と、フラグ出力を監視することにより、インラッシュ電流に対応可能するとともに、インラッシュ電流と、出力ショートなどの異常時とを判定し、動作を区別することができる、という効果を奏するものであり、その実用的価値はきわめて高い。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施例の構成を示す図である。

【図 2】

本発明の一実施例における動作シーケンスの一例を示す図である。

【図 3】

本発明の一実施例においてインラッシュ電流が流れた時の動作波形の一例を示す図である。

【図 4】

本発明の一実施例において出力ショートなどの異常時の動作波形の一例を示す図である。

【図 5】

本発明の他の実施例の構成を示す図である。

【図 6】

本発明の他の実施例の動作波形の一例を示す図である。

【図 7】

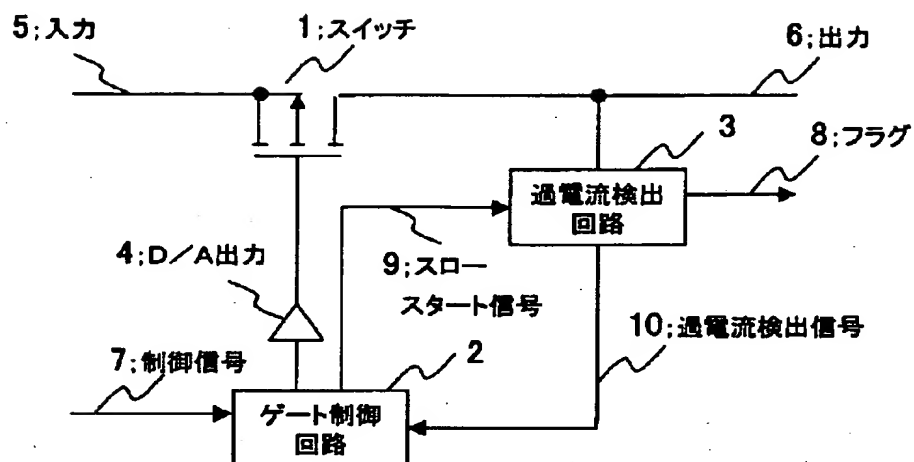
従来の過電流検出機能を備えたスイッチの構成の一例を示す図である。

【符号の説明】

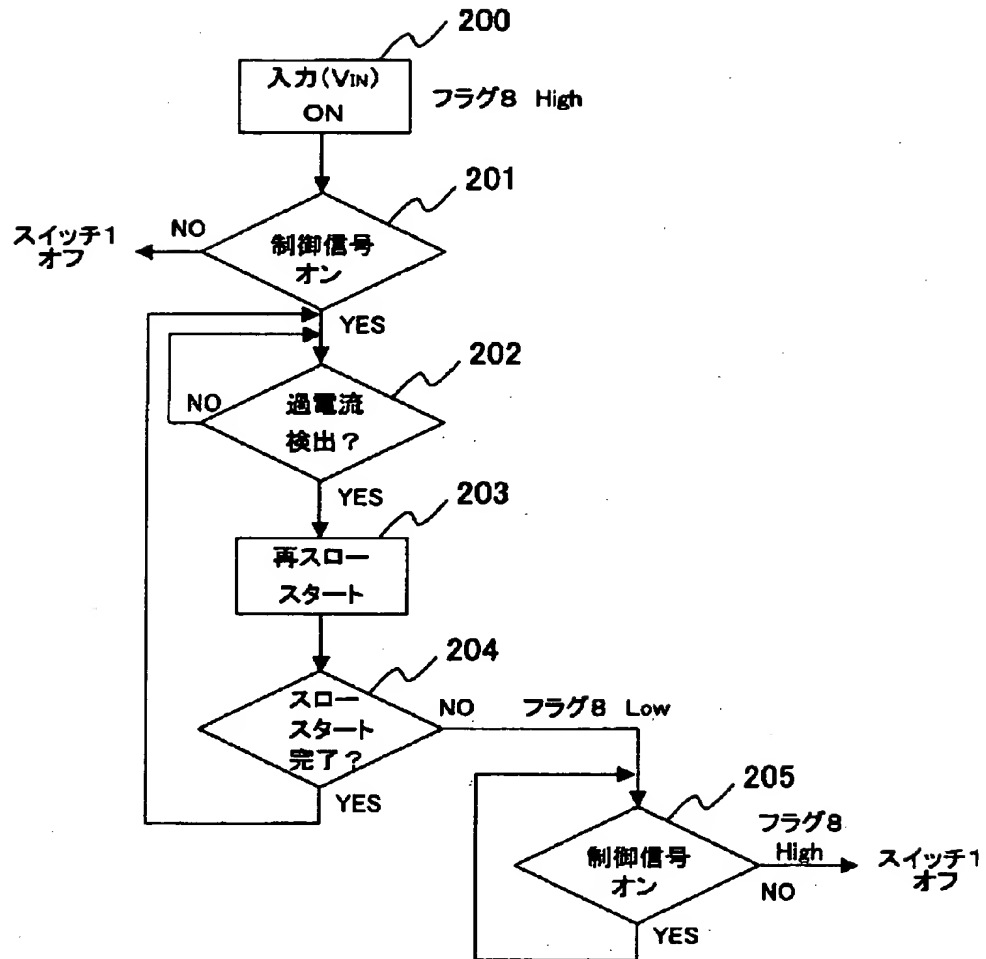
- 1 スイッチ
- 2、2 A ゲート制御回路
- 3、3 A 過電流検出回路
- 4 D/A変換器(D/A変換出力)
- 5 入力
- 6 出力
- 7 制御信号
- 8 フラグ
- 9 スロースタート信号
- 10 過電流検出信号
- 11 平滑用コンデンサ
- 12 負荷

【書類名】 図面

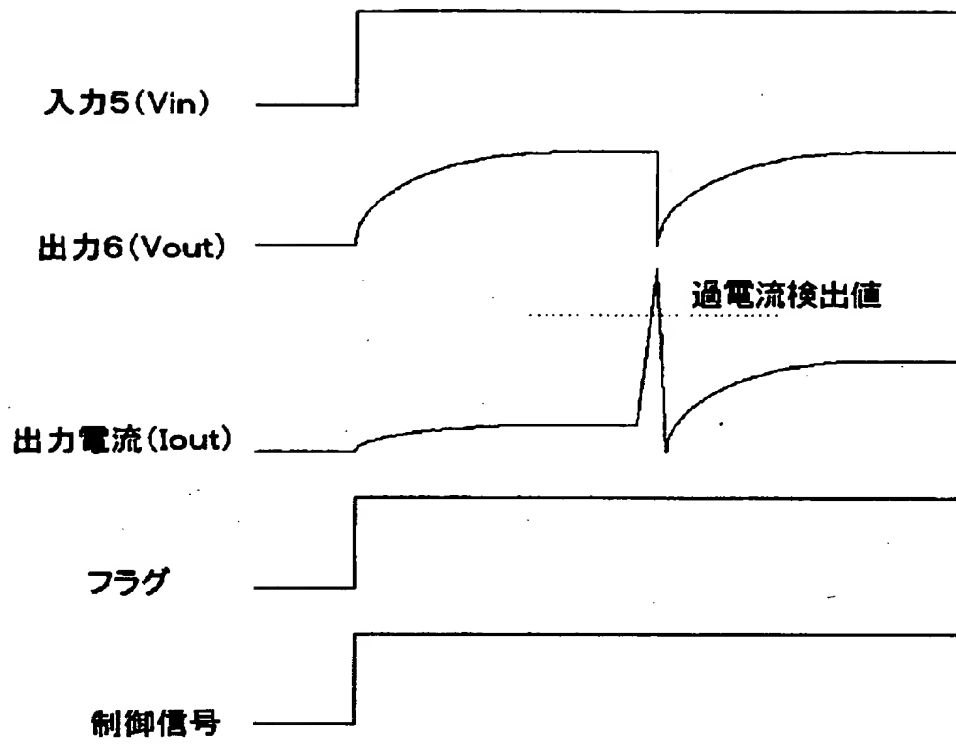
【図 1】



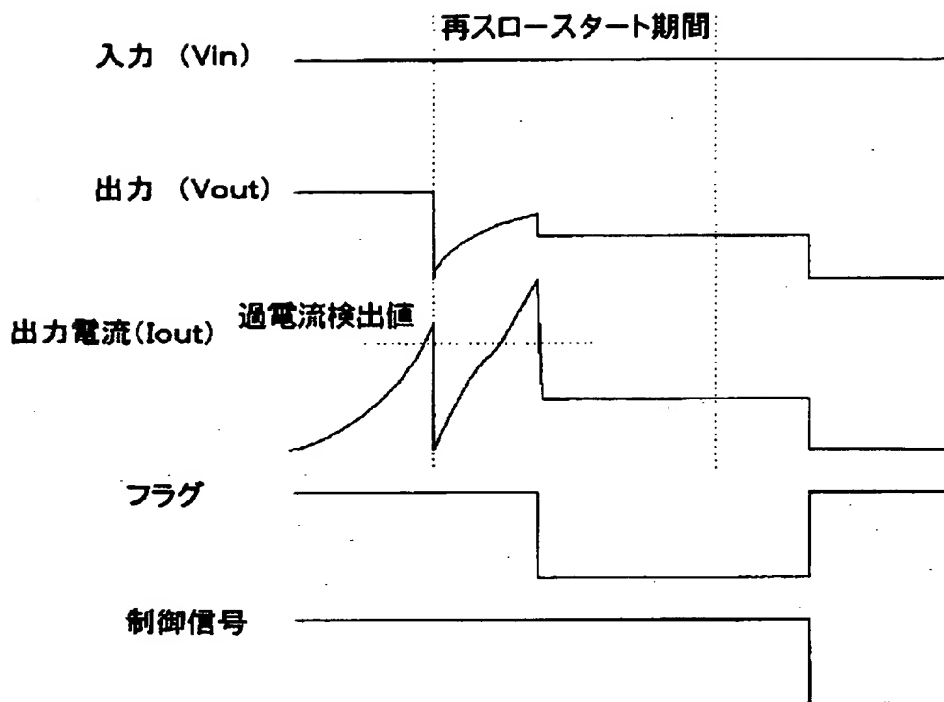
【図 2】



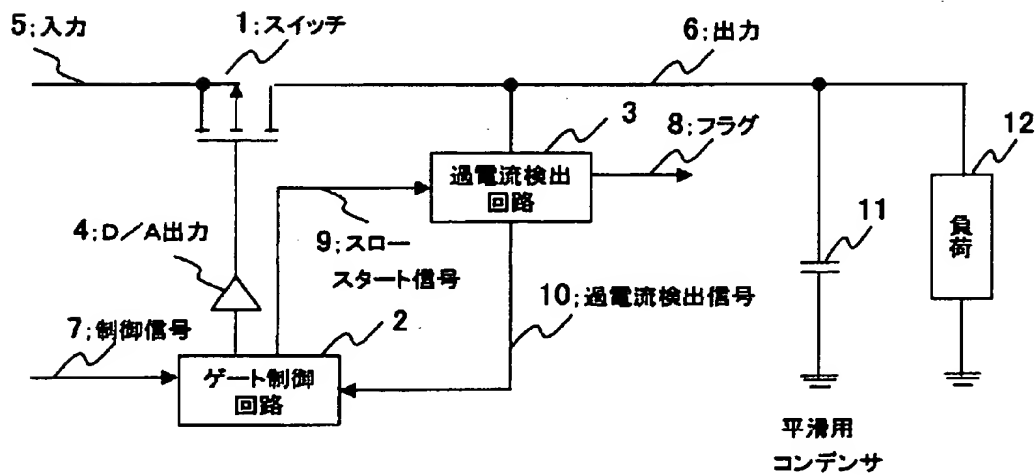
【図 3】



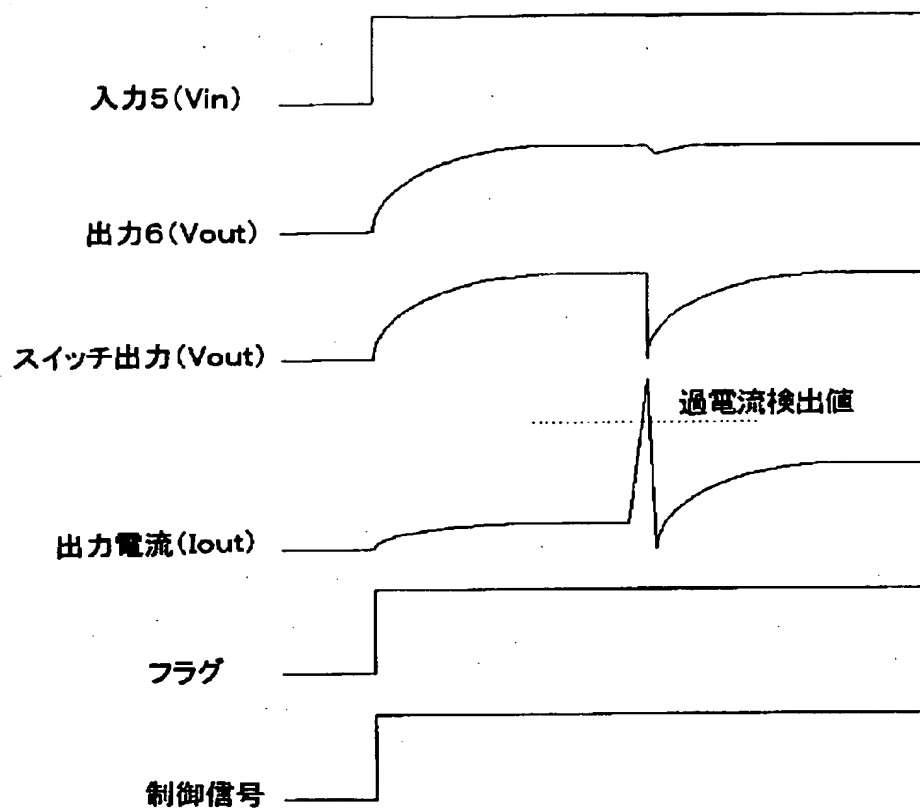
【図 4】



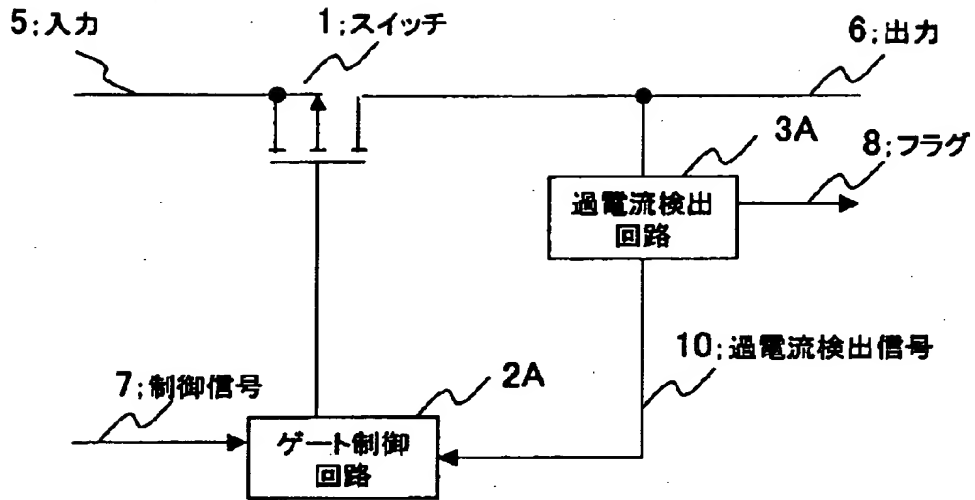
【図 5】



【図6】



【図 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】

デバイス接続時に過電流検出値を越えるインラッシュ電流が流れるようなデバイスに対応可能なスイッチの提供。

【解決手段】

入力と出力間に接続されMOSFETよりなるスイッチ1と、MOSFETのゲート端子に出力が接続されるDA変換器4と、スイッチ1に流れる電流の過電流を検出する過電流検出回路3と、制御信号7と、過電流検出回路3から出力される過電流検出信号10とを入力しスイッチのオン及びオフを制御するゲート制御回路2を備え、ゲート制御回路は、スイッチをオフからオンさせる場合MOSFETのゲート電圧を徐々に可変させてオン抵抗を一旦高抵抗とした後、徐々に低くするスロースタート動作を行いスロースタート期間中にスロースタート信号9を出力し、過電流検出回路3はスロースタート期間中過電流状態を検出すると、過電流を検出した旨を外部に通知するフラグ8をオンとし、スロースタート期間以外に過電流を検出するとフラグ8をオンとせず過電流検出信号10をアクティブ状態としてゲート制御回路2に過電流を検出した旨を通知する。

【選択図】

図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝五丁目7番1号
氏 名	日本電気株式会社